

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**NÁVRH PROGRESIVNÍ TECHNOLOGIE VÝROBY
MĚDĚNÉHO KONTAKTU**

**(PROPOSAL OF THE PROGRESSIVE PRODUCTION
TECHNOLOGY OF COPPER CONTACT)**

Student:

David Hlavatý

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání bakalářské práce

Student: **David Hlavatý**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh progresivní technologie výroby měděného kontaktu**
Proposal of the Progressive Production Technology of Copper Contact

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Obrábění neželezných kovů.
3. Návrh nové technologie výroby dané součásti.
4. Diskuze experimentálních prací.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] HAVRILA, M.; ZAJAC, J.; BRYCHTA, J.; JURKO, J. *Top trendy v obrábění, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] ZAJAC, J.; JURKO, J.; ČEP, R. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, K.; HAVRILA, M.; MARCINCIN-NOVÁK, J.; MÁDL, J.; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16.5.2012



.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- Byl jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 16.5.2012



.....
Podpis

Jméno a příjmení autora práce: David Hlavatý

Adresa trvalého pobytu autora práce: Krumpach 1953/31

789 01 Zábřeh

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hlavatý, D. Návrh progresivní technologie měděného kontaktu. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012, 50s. Bakalářské práce, vedoucí Vrba, V.

Bakalářská práce se zabývá výrobou – měděného kontaktu. V první řadě je charakterizován vybraný podnik MEP Postřelmov a.s, na začátku práce jsou popsány neželezné kovy a jejich slitiny, obrobitelnost neželezných kovů a slitin. Rozebírání stávající technologie a navrhování nové technologie pro obrábění měděného kontaktu na CNC obráběcím centru. Dále se uvádějí nové nástroje s určováním řezných podmínek. Výhodou obráběcího centra je snížení nákladů a tím i výrobního času. V závěru jsou obě ty to technologie srovnány technicko – ekonomicky.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

Hlavatý, D. The design of progressive Technology of cooper kontakt. Ostrava: Department of Cutting and Assembly, The Faculty of Engineering, VŠB-Technical University of Ostrava, 2012, 50 p. Bachelor's Thesis, head: Vrba, V.

This bachelor's thesis focuses on production of cooper contact. At first, there is characteristics of company MEP Postřelmov a.s., description of non-ferrous metals and their alloys and machining of non-ferrous metals and alloys. Next part of thesis describes present technologies and designed new technologies for cooper contact machining on a CNC machining centre. Than there are new tools with determining of cutting conditions. The advantage of this machining center is the cost and time reduction. In the end of the thesis are both of this technologies compared in technological and economical point of view.

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk.....	- 8 -
1. Úvod.....	- 9 -
2. Obecná charakteristika daného problému	- 10 -
Obrázek 1 Měděný kontakt	- 10 -
2.1 O společnosti SUB-ZÁVOD 07 MEP Postřelmov, a.s.	- 10 -
2.2 Sortiment výrobků firmy SUB-ZÁVOD 07 MEP Postřelmov, a.s.....	- 11 -
2.2.1 DC rychlovypínače	- 11 -
2.2.2 Elektrické rozvaděče a kabelové svazky	- 11 -
3. Obrábění neželezných kovů.....	- 13 -
3.1 Charakteristika neželezných kovů.....	- 13 -
3.2 Obrobitelnost neželezných kovů	- 13 -
3.3 Měď a její slitiny	- 14 -
3.3.1 Použití mědi.....	- 15 -
3.3.2 Obrobitelnost měděných slitin.....	- 15 -
3.3.3 Mosaz	- 16 -
3.4 Hliník a jeho slitiny	- 18 -
3.4.1 Čistota hliníku	- 19 -
3.4.2 Rozdělení slitin hliníku.....	- 19 -
3.4.3 Obrobitelnost hliníkových slitin	- 20 -
3.5 Hořčík a slitiny hořčíku.....	- 20 -
3.6 Titan a slitiny titanu	- 21 -
3.7 Nikl a jeho slitiny	- 22 -
4. Návrh nové technologie výroby dané součásti	- 23 -
4.1 Rozbor stávající výroby měděného kontaktu	- 23 -
4.1.1 Technologický postup	- 24 -
4.2 Výrobní stroje.....	- 25 -

4.3. Návrh nové technologie výroby měděného kontaktu na CNC stroji.	- 28 -
4.3.1 CNC - Univerzální frézka DECKEL MAHO DMU 70	- 28 -
5.3.2 Charakteristika stroje.....	- 28 -
4.4 Řídicí systém pro stroj DECKEL MAHO DMU 70	- 29 -
4.5 Zásady při volbě řezného materiálu	- 30 -
4.6 Použité nástroje	- 31 -
4.6.1 Rychlořezná ocel	- 31 -
4.6.2 Slinuté karbidy.....	- 32 -
4.7 Nové nástroje pro novou technologii	- 33 -
4.8 Použitá měřidla.....	- 35 -
5. Diskuze o experimentu	- 36 -
5. Diskuze o experimentu	- 36 -
6. Technicko-ekonomické zhodnocení	- 37 -
6.1 Stávající technologie	- 37 -
6.1.1 Náklady na nástroje	- 37 -
6.1.2 Výrobní náklady	- 39 -
6.1.3 Konečné náklady na výrobu 700 kusů měděných kontaktů	- 41 -
6.2 Náklady na novou technologii	- 42 -
6.2.1 Náklady na nástroje	- 42 -
6.2.2 Výrobní náklady	- 44 -
6.2.3 Konečné náklady na výrobu 700 kusů měděných kontaktů	- 45 -
6.3 Porovnání celkových nákladů	- 45 -
7. Závěr	- 47 -
Poděkování.....	- 48 -

Seznam použitých symbolů a zkratk

značka	popis	jednotky
CNC	Computerized Numerical Control – číslicové řízení počítačem	
HSS	Rychlořezná ocel	
TK	Tvrdokov	
SK	Slinutý karbid	
d	Šířka destičky	[mm]
d ₁	Průměr nástroje	[mm]
d ₂	Průměr stopky	[mm]
l ₁	Délka nástroje	[mm]
l ₂	Délka pracovní části	[mm]
l ₄	Délka upínací části	[mm]
s	Výška destičky	[mm]
r	Rádus zaoblení špičky destičky	
VBD	Vyměnitelná břitová destička	

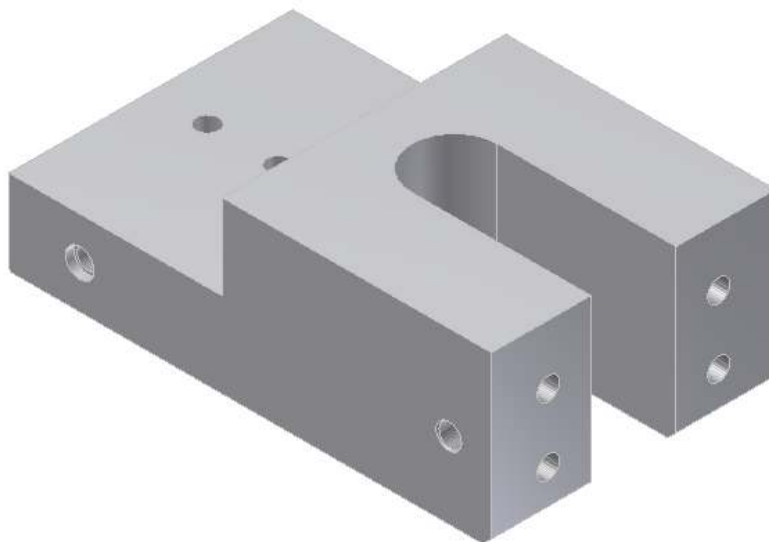
1. Úvod

Bakalářská práce se zabývá porovnáváním stávající technologie obrábění měděného kontaktu. Stávající technologie je prováděná na konvekčních stojích, kdy se proces obrábění provádí na dvou různých stojích, a to frézováním a vrtáním s nástroji z HSS a SK nástroji. Nová technologie se provádí na 5 – osém obráběcím centru od Německé firmy GILDEMEISTER, na jedno upnutí. A na stolní vrtačce se dodělají zbytkové operace.

První NC stroje, byly řízeny programem, který byl značen na dřném štítu nebo na dřné pásce. Postupem času byly NC stroje vybaveny výpočetní technikou, což vedlo ke vzniku CNC strojů. Výpočetní technika značnou mírou zjednodušila a urychlila programování, řízení stroje a ukládání dat pro jejich další použití. CNC řízené stroje zastanou více operací na jednou než konvekční stroje, sníží pracovní silu a zaberou méně prostoru než konvekční stroje.

2. Obecná charakteristika daného problému

Tato bakalářská práce vznikla na základě požadavku pro firmu MEP Postřelmov, a.s. Hlavním cílem bakalářské práce je urychlit, zefektivnit a zlevnit výrobu dané součásti. Nákupem nového obráběcího centra a zvolením nových řezných materiálů. Zadaná součást je měděný kontakt, který slouží pro výrobu rychlovypínačů.



Obrázek 1 *Měděný kontakt*

2.1 O společnosti SUB-ZÁVOD 07 MEP Postřelmov, a.s.

Aktivitty závodu 07 MEP Postřelmov navazují na tradici elektrotechnické společnosti, která byla založena 1931 německým podnikatelem J. Wagnerem z Olomouce. V poválečném období byla sopečnost znárodněna a přejmenována na MEZ, později přejmenována na MEP Postřelmov a.s. [1]

Rozvoj vlastního know how v segmentu kolejové dopravy, zejména odporových přístrojů, stejnosměrných rychlovypínačů, rozvaděčů, elektromagnetů, trakčních přístrojů a skříní, spolu s příslušnými certifikacemi v oboru, umožňuje konkurenceschopnosti na trhu. [1]

Závod dlouhodobě spolupracuje s tradičními českými firmami ŠKODA ELECTRIC a ŠKODA Transportation, CEGELEC, CZ LOKO a České dráhy. Za posledních deset let se staly největšími zákazníky a partnery přední světové firmy v oboru ALSTOM, General Electric, SIEMENS, MITSUBISHI ELECTRIC a další. [1]

2.2 Sortiment výrobků firmy SUB-ZÁVOD 07 MEP Postřelmov, a.s.

Firma MEP Postřelmov a.s, vyrábí tyto součástky – DC rychlovypínače, odporové přístroje, trakční přístroje, elektromagnety stejnosměrné a střídavé, elektrické rozvaděče a kabelové svazky. [1]

2.2.1 DC rychlovypínače

N-RAPID jsou jednopólové vypínače s magnetickým vyfukováním oblouku do zhašení komory. Jsou určeny pro použití ve funkci jističe vedení(trolejové sítě městských a železničních drah, metra), jističe pro usměrňovač (DC pohony válcovacích stolic) nebo jako propojovací (úsekové) jističe. [1]



Obr. 2 DC rychlovypínač N-RAPID [1]

2.2.2 Elektrické rozvaděče a kabelové svazky

Základní typové řady

- Univerzální rozváděčové skříně řady US – krytí IP55
- Univerzální rozváděčové skříně řady UR-Z – krytí IP54
- Nerezové skříně
- Rozvaděče typu TSR
- Úhelníkové rozvaděče typu L

- Ovládací a měřicí pulty
- Skříně atypických rozměrů

Dle provedení – rozváděče jak pro běžné aplikace, tak i pro náročný provoz z hlediska pracovního prostředí a spolehlivosti (rozváděče pro jeřáby, rypadla, lodě, pracovní stroje, speciální účely apod.).



Obr. 3 *Elektrický rozvaděč* [1]

Kabelové svazky

Kabelové svazky pro letadla, lodě a trakční vozidla.



Obr. 4 *Kabelové svazky* [1]

3. Obrábění neželezných kovů

Obrábění mědi, její slitin a neželezných kovů všeobecně nástroji s břitzy ze slinutých karbidů vyžaduje zcela odlišnou koncepci a geometrii břitů použitých obráběcích nástrojů v porovnání s nástroji na obrábění oceli nebo slitin. Z těchto důvodů je nutno pro racionální a efektivní obrábění neželezných kovů vždy vytvořit optimální pracovní podmínky zejména z hlediska použitého řezného materiálu, typů a tvarů použitých obráběcích nástrojů a jejich geometrie bříty.

3.1 Charakteristika neželezných kovů

Pod pojmem neželezné kovy se v technologické praxi obvykle rozumí všechny kovy a slitiny, u nichž je základním prvkem jiný kov, než železo. Protože v periodické soustavě je celkem 55 kovových prvků, včetně polovodičů, je zřejmé, že se jedná o velmi širokou a různorodou kategorii materiálů. [2]

Význam jednotlivých kovů nelze hodnotit jenom objemem jejich výroby nebo cenou, ale také specifickými vlastnostmi, kterými disponují a které často nelze jinými prostředky dosáhnout. Pro aplikace ve strojírenství se používají čisté kovy jen velmi zřídka, neboť mívají špatné mechanické i technologické vlastnosti. Téměř vždy se jedná o slitiny z dvou nebo více prvků. Slitiny mají lepší mechanické a technologické vlastnosti než čisté kovy a vhodnou kombinací prvků lze získat slitiny s velmi rozdílnými vlastnostmi. Některé z nich mají naprosto jedinečné vlastnosti a objem jejich výroby je proto jen velmi malý. Technický význam má však pouze malá část kovových prvků. [2]

3.2 Obrobitelnost neželezných kovů

Souhrnný vliv fyzikálních a mechanických vlastností, struktury i chemického složení kovů a slitin na průběh a výsledky třískového opracování označujeme pojmem *obrobitelnost*. Proces obrábění lze posuzovat z hlediska tvoření třísky, otěru nástroje a jakosti povrchu obráběného výrobku.

Problémům obrobitelnosti byla věnována řada teoretických i experimentálních prací, ale celá problematika se dosud nedořešila komplexně. Většina prvních prací se zaměřila na oceli a litiny vzhledem k požadavkům hromadné a sériové výroby ve strojírenství. Neželezné kovy

a slitiny nebylo možno srovnávat s oceli, protože jejich obrábění má jiné podmínky. [3]

Pro obrobitelnosti jsou různá kritéria a jedinou hodnotou nelze vyjádřit komplexní vlastnosti. Často se užívá *porovnání* s vybraným materiálem (nejčastěji se slitinou Ms58Pb) a obrobitelnost se hodnotí číslem, vyjadřujícím v procentech srovnání se standardem pomocí některého parametru obrábění, nejčastěji řezné rychlosti při určitém průřezu třísky. Takové vyjádření obrobitelnosti však může být jen přibližné, protože nezahrnuje všechna hlediska. Mimoto je nutno pro každou skupinu materiálů stanovit nebo vybrat srovnávací etalon s charakteristickými vlastnostmi uvažované skupiny slitin. I tak je však porovnání náročné a jen informativní. [3]

3.3 Měď a její slitiny

Měď a její slitiny s cínem, zvané cínové bronz, patří k nejstarším kovovým materiálům, které člověk používal (doba bronzová). Měď a slitiny mědi jsou dnes považovány za materiály deficitní. Je proto třeba jejich použití pro konkrétní případ vždy pečlivě zvážit.

Měď a většina slitin mědi se vyznačují velmi dobrou tvárností za studena, za tepla, i za teplot pod bodem mrazu (kryogenní materiály), dobrou odolnost proti atmosférické korozi, dobrou obrobitelností, svařitelností a hájitelností. Významná je i možnost zpracování vratného odpadu, široký sortiment hutních výrobků, unifikace většiny slitin mědi v celosvětovém měřítku a mnohaleté zkušenosti z výroby, zpracování a používání. [4]

Měď tvoří základní prvek ve velmi rozmanitém okruhu slitin. U slitin se často využívají jejich specifické mechanické, fyzikální, antikorozi a jiné vlastnosti, které u jiných druhů slitin nejsou dosažitelné. [2]

Slitiny mědi se podle hlavního přísadového prvku dělí do dvou základních skupin – na bronz a mosaz. Některé slitiny se však označují podle názvu hlavních prvků – např. mědinikl, chromová měď, nebo specifickými názvy pro slitiny určitého složení – např. pakfong apod. Slitina mědi se zinkem se nazývá mosaz. Podle vedlejších přísadových prvků mohou být mosazi manganové, niklové aj. Většina slitin s ostatními prvky se označuje jako bronz. [2]

Tab. 1 Fyzikální, mechanické a technologické vlastnosti mědi [6]

Fyzikální vlastnosti	Hustota ρ (kg · m ⁻³)	8940
	Teplota tání (°C)	1083
	Měrná tepelná kapacita (kJ / kg K)	0,385
	Délková roztažnost (K ⁻¹)	16,4 · 10 ⁻⁶
	Měrná tepelná vodivost (W / mK)	390
Mechanické vlastnosti	Mez kluzu (MPa)	60
	Mez pevnosti (MPa)	220
	Tažnost (%)	50
	Kontrakce (%)	70
	Modul pružnosti v tahu (MPa)	130 000
	Tvrdost HB	50
Technologické vlastnosti	Tvářitelnost za studena i za tepla	Velmi dobrá
	Slévatelnost	Obtížná
	Svařitelnost	Dobrá
	Pájitelnost	Velmi dobrá
	Obrobitelnost	Dobrá

3.3.1 Použití mědi

Použití mědi je značně rozsáhlé. Přibližně 55% mědi se spotřebuje na výrobu měděných výrobků a asi 45% mědi se spotřebuje na výrobu různých slitin. Použití čisté mědi je dáno v první řadě její výbornou elektrickou a tepelnou vodivostí, popř. jejími chemickými vlastnostmi.

Elektrické vodivosti mědi se využívá ve slaboproudé i silnoproudé elektrotechnice, kde měď slouží jako elektrovedný materiál. [5]

3.3.2 Obrobitelnost měděných slitin

Čistá měď je špatně obrobitelná, proto se do ní přidává olovo, tellur, selen nebo síra. Ze slitin mědi mají nejlepší obrobitelnost dufázové mosazi s přídavkem olova, síry a telluru, vliv těchto přísad je však různý. Záleží i na jejich obsahu. Čím větší je obsah těchto prvků, tím lepší je obrobitelnost. Tellur vytváří krátkou třísku, ale zhoršuje jakost povrchu. Olovo má

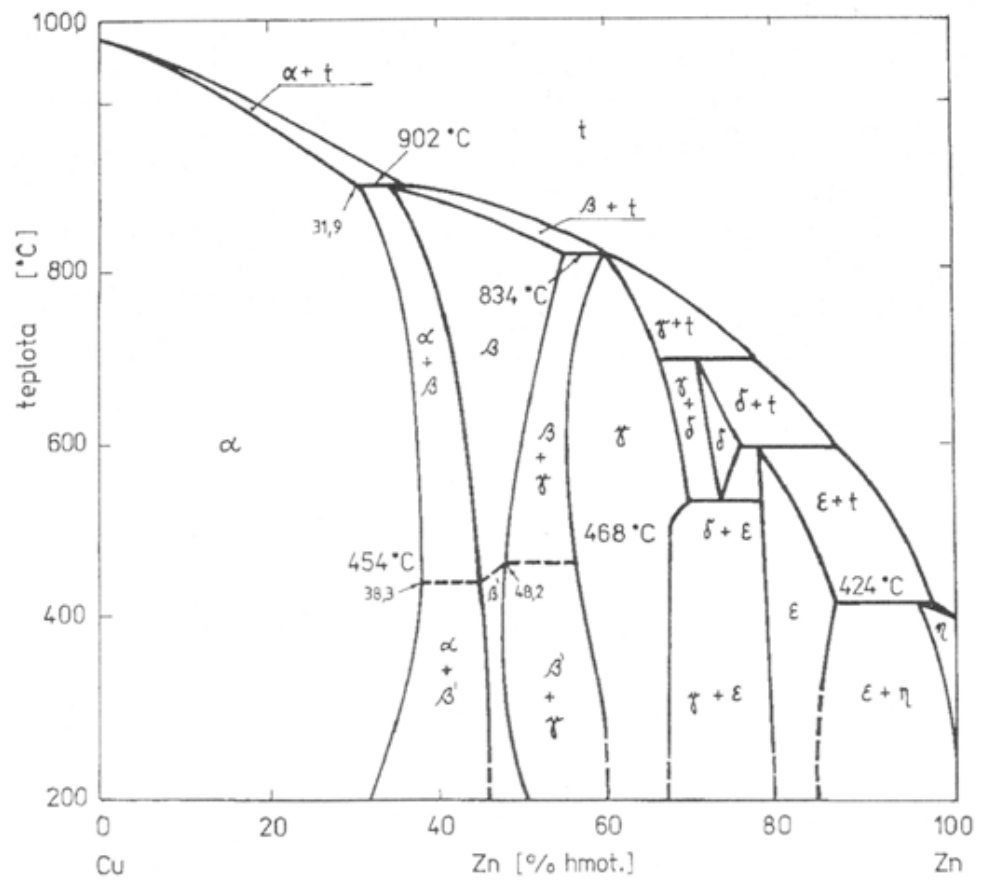
příznivý vliv i na jakost povrchu a vliv síry je kompromisem mezi tellurem a olovem.
[3]

3.3.3 Mosaz

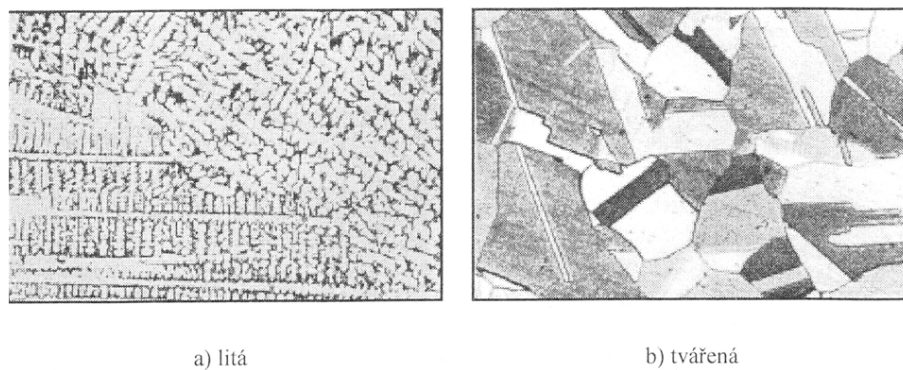
Pro výrobu mosazí, slitin mědi se zinkem spolu s dalšími přísadami, se spotřebovává asi 25% veškeré produkce mědi. Základem mosazí je binární soustava Cu – Zn patřící k fázově nejsložitějším (obr. 5).

Jednofázové slitiny, tvořené tuhým roztokem α , mohou obsahovat maximálně asi 38 hm. % Zn (za teploty 454 °C), a toto množství zinku lze při rychlém ochlazení mosazi udržet v metastabilním tuhém roztoku do teploty pokojové. Rovnovážný obsah Zn při pokojové teplotě je 32%. Struktura mosazi α v litém stavu je dendritická (obr. 5). Tvářením a následujícím rekrytalizačním žíháním se mění ve strukturu polyedrických zrn s deformačními dvojčaty (obr. 6a). Tvářením a následujícím rekrytalizačním žíháním se mění ve strukturu polyedrických zrn s deformačními dvojčaty (obr. 6b). Mosazi α vykazují v rozmezí teplot 300 až 700 °C pokles tvárnosti. Proto obvykle bývají tvářeny za studena.

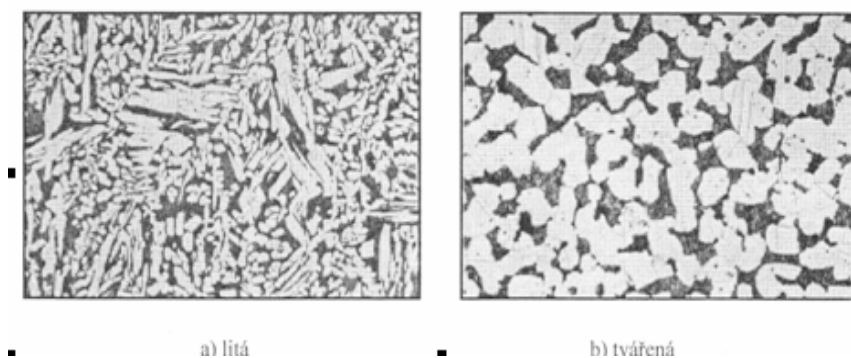
Slitiny o vyšším obsahu zinku, slitiny heterogenní (obr. 7ab), mají ve struktuře kromě α zrn fázi β' (uspořádaný tuhý roztok). Při ohřevu heterogenní mosazi se tato tvrdá a křehká faze mění ve fázi β (neuspořádaný tuhý roztok) s lepší tvárností, takže heterogenní mosazi lze tvářet za teplot asi 700 °C. Vliv obsahu zinku na fázové složení, a tedy i na mechanické vlastnosti mosazi. Tažnost dosahuje maxima při mezní rozpustnosti Zn v tuhém roztoku α s mědí, tj. při 32%. Při koncentracích vyšších se ve struktuře objevuje faze β' a tvárnost klesá. Pevnost roste až do obsahu asi 45 hm. % Zn, kdy faze β' již převládá. Další zvýšení jejího objemu má za následek vymizení tvárné faze α , a tedy prudký pokles pevnosti mosazi. Proto mosazi obsahující více než 45 % Zn nemají praktické použití.
[4]



Obr.5: Soustava Cu – Zn [4]



Obr.6: Struktura lité a tvářené α mosazi, 200x [4]



Obr.7 Struktura lité a tvářené $\alpha + \beta$ mosazi, 200x [4]

Mosazi pro tváření obsahují od 5 do 42 hmot. % Zn a mohou tedy být homogenní i heterogenní. Kromě označení číslem materiálového listu (ČSN 42 32XX) se označují také značkou Ms doplněnou číslicí, která udává obsah mědi.

Tombaky jsou slitiny Cu-Zn s obsahem mědi větším než 80 hmot.% (Ms 96 až Ms 80). Mají dobrou odolnost proti korozi v atmosféře a velmi dobrou tvárnost za studena. Vyrábějí se převážně jako pásy a plechy k výrobě součástek lisováním, tlačením, tažením a ražením. Jsou to součásti pro elektrotechniku, součásti přístrojů k měření tlaku, vlnovce, membrány, síta. [4]

Mosazi pro odlitky mají obvyklý obsah mědi 58 až 63 hm.% Jsou to tedy mosazi heterogenní, s materiálovými listy v ČSN 42 33XX. Vyznačují se dobrou zabíravostí a malým sklonem k odměšování. Mají však velké smrštění (i přes 1,5 %), jsou proto náchylné k tvoření dutin a staženin a některé v roztaveném stavu pohlcují značná množství vzdušných plynů. Jejich obrobiteľnost zlepšuje olovo (1 až 3 %). Jsou používány pro méně namáhané lité součásti čerpadel, armatury plynovodů a vodovodů, stavební a nábytková kování, ozubená kola, šneky, ventily, ložisková pouzdra. [4]

3.4 Hliník a jeho slitiny

Hliník je v přírodě jedním z nejrozšířenějších kovů. V zemské kůře je obsaženo asi 8% hliníku, vázaného ve sloučeninách jako jsou bauxit, kryolit, korund, spinely, kaolin atd. [2]

Slitin z hliníku patří kromě ocelí k nejpoužívanějším kovovým konstrukčním materiálům. Surovinou pro výrobu hliníku je minerál bauxit, v čistém stavu oxid hlinitý. Z taveniny tohoto oxidu ve směsi s kryolitem se elektrolyticky získává kovový hliník. Výroba hliníku byla

patentována v roce 1886 a od roku 1890 zahájena v průmyslovém měřítku. V roce 1906 byla vyvinuta první slitina hliníku, známá jako dural (AlCu4Mg). Znamenala převrat ve stavbě vzducholodí a letadel. Dnešní základní řada nejvíce používaných slitin hliníku je celosvětově unifikována a její vývoj je v podstatě ukončen.

K přednostem slitin hliníku lze počítat zejména nízkou měrnou hmotnost a poměrně dobrou pevnost, což znamená, že měrné pevnostní charakteristiky (např. R_m/ρ) některých slitin hliníku jsou srovnatelné s obdobnými charakteristikami ocelí, případně jsou lepší. Slitiny hliníku, pokud neobsahují měď, velmi dobře odolávají korozi v atmosféře a látkám kyselé povahy. Odolnost slitin hliníku proti působení látek alkalických je naopak malá. Dobře se svařují v ochranné atmosféře, mají dobrou elektrickou a tepelnou vodivost, jsou vyráběny v širokém sortimentu hutních produktů a vratný odpad se poměrně snadno zpracovává. [4]

3.4.1 Čistota hliníku

Asi 60% hliníku technické čistoty se zpracovává na plechy. Ostatními hutními výrobky jsou tyče a dráty. Pevnost hliníku v tahu je nízká, ve stavu měkkém bývá R_m kolem 70 MPa, ve stavu tvrdém (po tváření za studena) R_m kolem 130 MPa.

Hliník je používán zejména jako elektrovedný materiál (Al 99,5 ČSN 42 4004) a materiál pro elektrické kondenzátory. V chemickém a potravinářském průmyslu se uplatňuje pro dobrou tepelnou vodivost a odolnost proti korozi v kyselém prostředí. Používá se pro obaly, plátování plechů ze slitin hliníku obsahující měď, plátování plechů ocelových nebo jako alitovaná povrchová vrstva na výrobcích z ocelí a slitin niklu proti korozi a okujení. [4]

3.4.2 Rozdělení slitin hliníku

Obvykle se slitiny hliníku dělí do dvou základních skupin, a to na slitiny pro tváření a na slitiny pro odlévání. Společně pro obě skupiny je, že se v obou skupinách objevují stejné přísadové prvky a že některých slitin, které stojí na hranicích mezi oběma skupinami, možno použít jak pro tváření, tak i pro odlévání. Slitiny pro tváření bývají obvykle slitiny, které jsou aspoň za vyšších teplot tvořeny homogenním tuhým roztokem; za nižších teplot se následkem

změny rozpustnosti objevuje v jejich struktuře další fáze, většinou sloučeniny vzniklé segmentací.

Slitiny pro odlévání bývají většinou slitiny s větším obsahem přísad; jsou heterogenní a v jejich struktuře se objevuje eutektikum. Takové slitiny jsou méně tvárné a se stoupajícím množstvím eutektika postupně svoji tvárnost, zvláště při vyšších teplotách, ztrácejí. Takové slitiny mají však výborné slévárenské vlastnosti, jsou dobře zabíhavé; jejich zabíhavost se zvětšuje se zvětšujícím se objemem eutektika. Vedle slitin eutektických mívají většinou slévárenské slitiny jen 15 až 20 obj. % eutektika. [5]

3.4.3 Obrobitelnost hliníkových slitin

Hliník a jeho slitiny mají dobrou tepelnou vodivost, teplo z místa řezu se dobře odvádí a nástroj není tak tepelně namáhán: následkem menší pevnosti, modulu pružnosti v tahu i ve smyku je i ve smyku je i menší spotřeba energie při obrábění. Nástroje pro obrábění mají být hladké (pro snížení tření) a je třeba používat vhodného mazání. Obrobitelnost závidí ve značné míře na snížení slitiny a na její struktuře. Nepříznivě působí nekovové vměstky, např. kysličníky, nitridy, karbidy aj. U slitin hliníku má velký vliv obsah křemíku, z legovacích přísad zlepšuje obrobitelnost měď, hořčík, mangan a zinek. Obrobitelnost tvářecích hliníkových slitin je poměrně dobrá, nejlepší je u slitin Al-Zn-Mg, Al-Cu-Mg s Al-Mg. Třísky bývají dlouhé, proto běžně slitiny nejsou vhodné pro práci na automatech. Krátkou lámavou třísku mají jen automatové slitiny s přídavkem olova; podobně působí i přídavek bismutu, kadmia nebo antimonu.

Slévárenské slitiny hliníku jsou dobře obrobitelné, pokud mají obsah křemíku menší než 6%. Při obrábění vznikají krátké třísky, proto je možné slitiny obrábět i na automatech. Slitiny siluminového typu s obsahem 10 až 13% Si se obrábějí obtížně, avšak obrobitelnost lze částečně zlepšit tepelným zpracováním slitiny. [3]

3.5 Hořčík a slitiny hořčíku

Pevnost technicky čistého hořčíku v tahu je sice vyšší (190 MPa) než technický čistého hliníku (80 MPa), ale pro konstrukční využití přesto nízká. Hořčík (mřížka hexagonální) má navíc velmi špatnou tvárnost za studena. Jako konstrukční kov je pro přenos zátěžných sil nepoužitelný. Čistý hořčík se používá především jako redukční činidlo při výrobě titanu a pro

modifikaci tvárné litiny. Značné množství hořčíku se spotřebuje při výrobě slitin hliníku, zejména těch, které mají dobrou odolnost proti korozi. [4]

K přednostem slitin hořčíku patří zejména nízká měrná hmotnost (1760 až $1990 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$), měrná pevnost srovnatelná s obdobnými charakteristikami slitin hliníku i řady ocelí, vysoký útlum vibrací a velmi dobrá obrobitelnost. Nedostatkem je naopak obtížnější a tedy nákladnější výroba a zpracování než u slitin hliníku v důsledku vysoké reaktivity hořčíku za vyšších teplot, malé tvárnosti za nižších teplot a nízké rychlosti difuzní pochodů při tepelném zpracování. Nežádoucí vlastnosti je též sklon slitin hořčíku k intenzivní elektrokorozi v kontaktu s většinou kovů a slitin, obtížnější svařitelnost než u slitin hliníku, nízká pevnost ve střihu ($R_{ms} = 120$ až 150 MPa) a nízká vrubová houževnatost ($KU = 1,2$ až $4,2 \text{ J}$), nízká tvrdost a odolnost proti opotřebení a nízký modul pružnosti v tahu ($E = 42$ až 44 GPa). [4]

3.6 Titan a slitiny titanu

Titan patří mezi moderní kovy, zavedené do průmyslové výroby teprve v 60. letech tohoto století. Prudký rozvoj jeho využití, zejména v letectví a raketové technice, přinesl s sebou i rozsáhlý výzkum nejrozličnějších typů slitin. V posledních letech se rozšířilo použití čistého titanu v chemickém průmyslu a titanových slitin ve strojírenství, přičemž se zúžil sortiment běžné používaných slitin. [3]

Čistý titan by svou pevností patřil do skupiny kovů střední pevnosti. Jeho vlastnosti však značně závisí na čistotě, především na obsahu kyslíku, uhlíku, dusíku, ale i železa. Tvářením za studena lze pevnost podstatě zvýšit. Z titanu se vyrábějí všechny běžné druhy hutních výrobků. Využití titanu v chemickém průmyslu je určeno zejména jeho vysokou korozní odolností proti chloru a chlorovým sloučeninám, kterým jiné kovy neodolávají. Titan je polymorfní. Při 882°C se hexagonální fáze α mění na kubickou fázi β prostorově centrovanou. Slitiny titanu je účelné rozlišovat podle toho, jak se přídavkem prvku působí na jejich

strukturu a stabilizuje jedna nebo druhá fáze. Jednofázovou strukturu α má slitina TiAl5Sn2,5. Její vlastnosti se podobají čistému titanu, ale pevnost je zhruba dvojnásobná. I při větší pevnosti ji lze omezeně zpracovat tvářením za studena, používá se však převážně jen v měkkém stavu. Je strukturně stabilní a použitelná i za zvýšených teplot. V poslední době byly vyvinuty některé nové typy jednofázových slitin α s velmi dobrými konstrukčními vlastnostmi.

Dvoufázové slitiny $\alpha + \beta$ se od sebe liší složením, které určuje poměr i stabilitu jednotlivých fází. V podstatě všechny slitiny obsahují hliník, který stabilizuje α -fázi, a různé další prvky, zejména vanad a molybden (stabilizují β -fázi), nebo chrom, železo, mangan, jejichž rovnovážné diagramy jsou komplikovány eutektoidní reakcí. Všechny dvoufázové slitiny jsou dobře tvárné za tepla, kdežto za studena je jejich tvárnost omezena. Jen některé z nich lze svařovat. Používají se většinou po tváření za tepla, popřípadě po homogenizační žíhání; u některých slitin lze zvyšovat pevnost dalším tepelným zpracováním. [3]

Všechny titanové slitiny se vyznačují nízkou měrnou hmotností a velmi příznivými hodnotami měrných pevností. Nevýhodou je poměrně vysoká cena. Nejsou to sice žádné „zázračné“ slitiny, ale vydobily si své techniky zdůvodněné místo mezi důležitými konstrukčními materiály. [3]

3.7 Nikl a jeho slitiny

Niklové slitiny tvoří velkou skupinu slitin s větší pevností. Zvláštností našeho průmyslu i norem je to, že niklové slitiny nejsou probírány společně. Některé z nich jsou totiž zahrnuty mezi neželezné kovy a ostatní mezi oceli, třebaže je obsah niklu větší než 50%. Niklové slitiny mají své široké obory použití jako slitiny korozi-vzdorné, žárovevné, žáruvzdorné a speciální. [3]

Čistý nikl v měkkém stavu by podle pevnosti patřil spíše do skupiny střední, tvářením za studena lze však jeho pevnost zvýšit 2 až 2,5 krát. U slitin niklu lze zvyšovat pevnost všemi způsoby: legováním, tvářením i tepelným zpracováním, popřípadě kombinací těchto způsobů. [3]

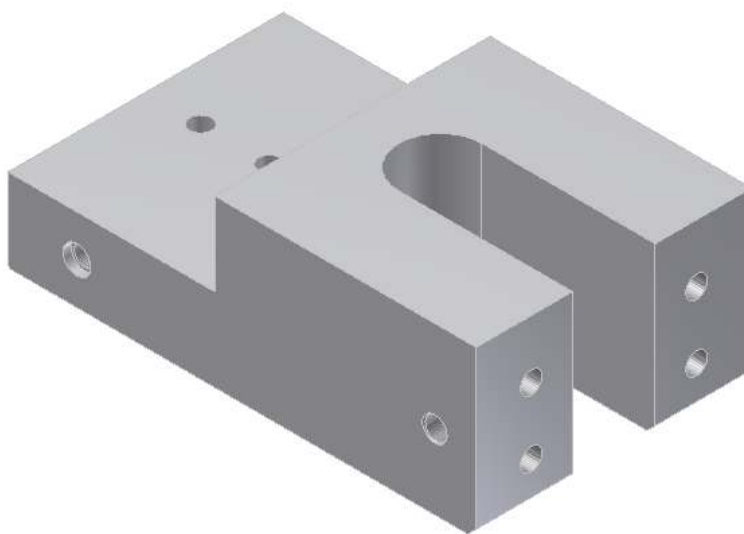
Nejrozšířenější skupinou běžných konstrukčních slitin niklu jsou *monely*. Jsou to slitiny niklu s přídavkem 29 až 32 % mědi, popřípadě některých dalších kovů, jako Si, Mn, Fe, Al. Jednoduché slitiny lze zpevňovat tvářením za studena, slitiny s přídavkem hliníku lze vytvořit a nejvyšších pevností lze dosáhnout kombinací tváření a vytvrzování. Rozpouštěcí žíhání se provádí při 780 až 800°C a umělé stárnutí probíhá při 520 až 540°C. Lze zabezpečit značně široký rozsah mechanických vlastností, např. pevností od 500 do 1400 MPa. V některých stavech je i při vysoké pevnosti dostatečná tažnost a plasticita. [3]

Slitiny žárovevné zaznamenaly v posledních letech prudký rozvoj v souvislosti s rostoucími požadavky konstrukcí při vývoji vysoce náročných zařízení, která pracují při vysokých teplotách a tlacích, často v silně agresivních prostředích. Původně se vyšlo od jednoduché binární slitiny NiCr20. Velice rychle však byly vyvinuty nové komplexní slitiny, legované kobaltem, molybdenem, wolframem, niobem i železem, v nichž však zůstává základ Ni a 13 až 20% cr. [3]

4. Návrh nové technologie výroby dané součásti

4.1 Rozbor stávající výroby měděného kontaktu

Tato technologie je rozdělena do pěti operací na třech různých strojích. Dvě operace ze tří se provádí na konvenčních strojích. Měděný kontakt prochází těmi to operacemi – frézování a vrtání. Tyto operace jsou rozděleny na dvě různá pracoviště.



Obr.8 Model kontaktu

4.1.1 Technologický postup

Technologický postup stávající technologie výroby

SUB a.s.

TECHNOLOGICKÝ POSTUP

List: 1 / 2

Výkres / Index	Alt.	Název					Postavení		
3-561038	0	Kontakt					Dilec pro montáž		
technologická	minimální	maximální	Kmen. středisko	Platí od / do	Modifikace	Změna od / do	Stav	Počet operací	
Dávky : 100	0	0	75510	12.11.2009 0:0	16	T0102-09	H	10	

Poznámka:

Autor postupu

Schválil

urbanova

khol 12.11.2009

Operace	Pracoviště	Název pracoviště	Středisko / NC	Kooperace	TBC / TAC	Tarif	KVO / SVK
Materiál - název			Výkres / atributy		Spotřební množství		MJ % ztrát
Tyč pl.měď.100x60x4000 DIN 1759 E-Cu57-F25			100/60/4000 E-Cu57-F25		9,570313		kg 0
Příznaky	Pracoviště	Středisko	Rozměr přilezu		Ks	Kspotot	Přid. up. Profes Hmotnost polot.
++++++	00018		173,0		1	1	0 2 9,010
Poznámka : Dělit na L=173 mm.						Klíč: 752261	
Materiál - název			Výkres / atributy		Spotřební množství		MJ % ztrát
Odmašťovač Felchem (20005)			Felchem 20005		0,00005		l 0
Příznaky	Pracoviště	Středisko	Rozměr přilezu		Ks	Kspotot	Přid. up. Profes Hmotnost polot.
++++++							
Poznámka :						Klíč: 767065	
Materiál - název			Výkres / atributy		Spotřební množství		MJ % ztrát
Odmašťovač Cleanchem (20007)			Cleanchem 20007		0,00101		l 0
Příznaky	Pracoviště	Středisko	Rozměr přilezu		Ks	Kspotot	Přid. up. Profes Hmotnost polot.
++++++							
Poznámka :						Klíč: 767057	
10	00056	Pila na kov kotoučova max.pr.2	73800		15,00 min. 4S		1,0
		35967 Dělení materiálu			2,40 min. 4S		1,00
Pozice	Název	Klíč	Výkres	Atribut 1	Atribut 2	Atribut 3	Množství MJ
1	Tyč pl.měď.100x60x4000 DIN 1759 E-Cu57-F25	752261		100/60/4000	E-Cu57-F25		9,570313kg
Rezat na l=173 mm.							
20	16416	odmaštění	75520		7,00 min. 4S		1,0
		16416 ODMASTIT TLAKOVĚ H1TA			2,00 min. 4S		1,00
Pozice	Název	Klíč	Výkres	Atribut 1	Atribut 2	Atribut 3	Množství MJ
900	Odmašťovač Felchem (20005)	767065		Felchem	20005		0,00005
Odmastit alkalicky postřikem tlakově dle H1TA a TTP 212-H pomocí tlakové myčky. BP dle B 03.							
30	05164	FREZKY UNIV.KONZOLOVE, SIRKA U	75510		45,00 min. 3S		1,0
		5166 FREZOVAT			9,80 min. 3S		1,00
Upnout do sveraku a zacistit z obou stran na kotu 170 mm. Upnout do sveraku, frezovat srazení 3x 45°, přepnout a srazit hranu 1x 45°. Odjehlít. Kontrolovat kazdy 5. kus. pos.mer. valcova freza pr.50							
40	35245	FRÉZA FBV 50 RC	75510		45,00 min. 3S		1,0
		35234 FREZOVAT			18,56 min. 3S		1,00
Upnout do sveraku a frezovat osazení na kotu 30 mm. Op. dle n.c.4 Odjehlít po obrabění Kontrolovat kazdy 8. kus. freza Sandvik R290-063Q22 destička břitová R290 12T 308E-KL H13A otáčky 1000/min posuv 750mm/min, ap 3 mm pos.mer.					Destička břitová R290-12T308E-KL H13A fa.Sandvik Fréza čelní R290-063Q22-12M (63) fa.Sandvik		

SUB a.s.

TECHNOLOGICKÝ POSTUP

List: 2 / 2

Výkres / Index	Alt	Název	Postavení						
3-561038	0	Kontakt	Dílec pro montáž						
technologická	minimální	maximální	Kmen. středisko	Platí od / do	Modifikace	Změna od / do	Stav	Počet. operací	
Dávky: 100	0	0	75510	12.11.2009 0:0	16	T0102-09	H	10	
Poznámka:			Autor postupu		Schválil				
			urbanova		khol 12.11.2009				
Operace	Pracoviště	Název pracoviště	Středisko / NC	Kooperace	TBC / TAC	Tarif	KVO / SVK		
50	35245	FRÉZA FBV 50 RC	75510		45,00 min. 3S		1,0		
	35234	FREZOVA			30,00 min. 3S		1,00		
<p>Upnout do sveraku, frezovat drážku s=30 mm. Odjehlít po obra beni. Op. dle n.c.4. Kontrolovat kazdy 5 kus. freza valcova pos.mer.</p>									
60	04645	VRTACKY OTOCNE RAD.,PR.VRTANI	75510		15,00 min. 2S		1,0		
	4651	VRTAT, ZAVITOVAT			22,50 min. 2S		1,00		
<p>Upnout do sveraku, dle vrtaci sablony vrtat 4x pr.7,4, zahloubit 2x průměr 10,2 a tvářet závit 4x M8, vrtat 1x pr.6,8 a tvářet 1x M6 Heli-Coil. (1x přepnout) Přepnout, vrtat 4x pr.9 a tvářet 4x M8 Heli-Coil. Přepnout, vrtat 2x pr.9 a tvářet 2x M8 Heli-Coil. Op. dle n.c. 2 Odjehlít po obrabeni Kontrolovat kazdy 5.kus. vrtak pr.:6,8; 7,4; 9; 10,2; zavitník M6 Heli-Coil zavitník M8 zavitník M8 Heli-Coil zav.kalibr:M6, M8 Heli-Coil;zav.kalibr M8 pos.mer. vrtaci sablona c.3-561038/1,2,3</p>									

4.2 Výrobní stroje

Stolová frézka svislá FC 50 V

Tato frézka je vhodná k výkonnému a přesnému obrábění v kusové i sériové výrobě. Na tomto stroji lze obrábět různé druhy materiálu, nástroji z rychlořezné oceli a slinutými karbidy. Na dnešní dobu je tento stroj nevýkonný oproti CNC strojů, proto navrhují nový stroj, který bude produktivnější než stávající stroj FC 50 V.



Obr. 9 Stolová frézka svislá FC 50 V

Tab. 2 Technické parametry Stolové frézky svislé FC 50 V

Pracovní rozsah		
X, Y, Z	mm	1 200, 500, 560
Stůl		
Upínací plocha stolu	mm	500 x 2 000
Největší zatížení stolu	N	12 000
T- držáky (počet x šířka x rozteč)	mm	
Otáčky		
Počet stupňů		16
1. řada		45 – 1 400
2. řada		35,5 – 1 120
Posuv		
Počet stupňů		24
Pracovní posuv X, Y, Z	mm min-1	10 – 2 000, 5 – 1 000
Rychloposuvy X, Y, Z	mm min-1	4000, 2000
Rozměry stroje		
Půdorysná plocha stroje	mm	2 980 – 2 400
Hmotnost stroje	kg	6 000

Otočná vrtačka VR 5 A

Tento stroj je vhodný pro vrtání, vystružování nožem, řezání závitů a vykružování otvorů. Konstrukce tohoto stroje je masivní, proto lze na něm vykonávat tyto různé operace, které jsou náchylné na otřesy.



Obr. 10 Otočná vrtačka VR 5 A

Tab. 3 *Technické parametry stroje otočné vrtačky VR 5 A*

Pracovní rozsah		
Roztečná kružnice vrtání děr	mm	320 – 1600
Vzdálenost konce vřetene od	mm	1 208 – 3 735
Vodorovné přestavení vřeteníku po	mm	1 280
Otáčení ramene okolo sloupu		0 – 360°
Kužel ve vřetenu	Morse	4
Zdvih vřetena	mm	310
Otáčky vřetena	Min-1	28 – 2 500
Počet stupňů		16
Posuvy vřetena rozsah	mm/ot	0,05 – 2
Počet stupňů		16
Upínací plocha základny	mm	1 820 x 986
T- držáky (počet x šířka x	mm	2 x 25 x 190
Rozměr stroje	mm	2 960 x 1 120 x 3 330
Hmotnost stroje	kg	3 700

4.3. Návrh nové technologie výroby měděného kontaktu na CNC stroji.

4.3.1 CNC - Univerzální frézka DECKEL MAHO DMU 70

Na obr. 11 je zobrazen stroj DECKEL MAHO DMU 70, jehož parametry jsou popsány v tab. 4



Obr. 11 CNC – Univerzální frézka DECKEL MAHO DMU 70 [6]

5.3.2 Charakteristika stroje

- Od 3 do 5 os s proměnou stolních variant z pevného stolu na 2osý naklápěcí otočný stůl s digitálními pohony.
- Ekonomické obrábění s 10.000 ot. včetně a rychloposuv až 24 m/min.
- Zásobník s 16 (volitelné) nebo 30 (volitelné příslušenství) kapsy mohou být vybaveny paralelně v době obrábění.
- Příčné saně s konstrukcí se žebrovanými komponenty litiny v kombinaci s podstavci z polymerních betonu nabízí maximální stabilitu.
- Díky své velké přírubě naklápěcí otočný stůl je velmi přesný, a která výrazně zvyšuje přesnost a kvalitu povrchu.

- DMG ControlPanel s velkým TFT 15 "obrazovkou a dle vašeho výběru ovládání: Siemens 840D solutionline, Heidenhain iTNC530 nebo MillPlus IT. [6]

Tab. 4 Technické parametry stroje DECKEL MAHO DMU 70 [6]

Technické parametry	
Výška	
Výška stroje (mm)	3000
Transportní výška (mm)	2746
Pracovní rozsah	
X,Y,Z (mm)	750, 600, 520
B,C (°)	-10/+95, 360
Pracovní vřeteno	
Nesamosvorná kuželová stopka	DIN 69871 A
Uchycení nástroje	Hydraulické/mechanické
Technická data	
Otáčky	20 – 10 000 min ⁻¹
Výkon pohonu max. 40% ED	35 kW
Jmenovitý výkon 100%	25 kW
Maximální točivý moment	130 Nm
Jmenovitý točivý moment 100%	87 Nm
Uchycení nástroje	SK 40
Síla utažení nástroje SK 40	10 kN
Síla utažení nástroje HSK A63	25 kN
Otočný kruhový stůl	
Rozměry	Ø 800 x 620
Vzdálenost T-drážky/velikost	Ø 63 / 14 H7
Počet upínacích drážek	9
Počet směrovacích drážek	1 / 14 H7
Středící otvor	Ø 30 H6 (mm)
Upínání na desce stolu	Hydraulické
Max. zatížení stolu (uprostřed	350 kg
Rychloposuv osy B a C	2 160 (°/min.)

4.4 Řídící systém pro stroj DECKEL MAHO DMU 70

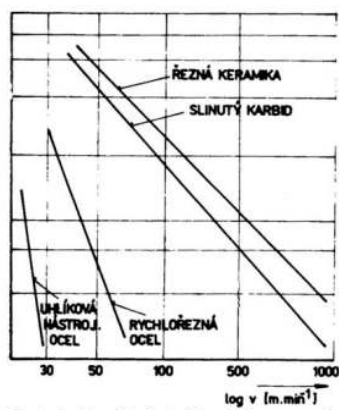
Heidenhai iTNC 530

Heidenhain iTNC 530 je universální CNC řídicí systém pro obráběcí centra, vyvrtávačky a frézky s možností řízení až 13 os. iTNC 530 je možno programovat dálkově, stejně jako například v CAD/CAM systému, příp. na programovacím pracovišti. Rozhraní ethernet se vyznačuje krátkou dobu přenosu. [6]

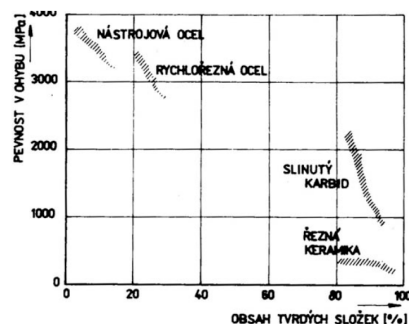
4.5 Zásady při volbě řezného materiálu

Řezné nástroje na obrábění kovových i nekovových materiálů se vyrábí v závislosti na tvaru, určení a podmínkách práce z výše uvedených materiálů. Volba vhodného řezného materiálu musí vycházet z vhodných mechanicko – fyzikálních vlastností, pevnosti, tvrdosti, otěruvzdornosti a při správné volbě geometrie, musí zabezpečovat vysokou trvanlivost, životnost a produktivitu s ekonomickým účinkem. Z vlastností jednotlivých řezných materiálů plyne i jejich použití. Mezi základní vlastnosti řezného materiálu patří :

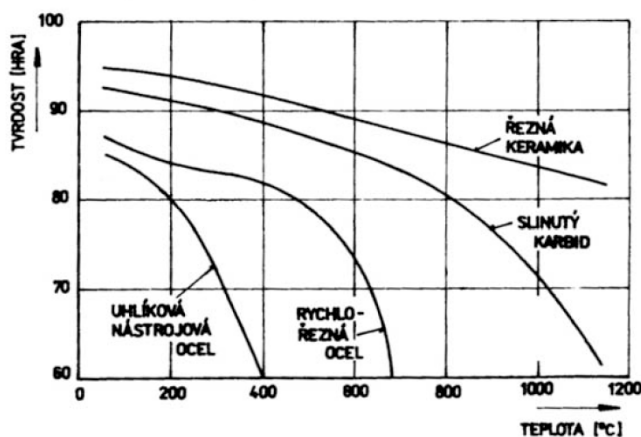
- Tvrdost, pevnost v ohybu, zachování tvrdosti za vyšších teplot, žáruvzdornost a žárupevnost, obrobitelnost, otěruvzdornost, odolnost proti opotřebení a tím i trvanlivost bříty a životnost nástroje. [7]



Obr. 13 Graf závislosti T – v pro různé řezné materiály. [7]



Obr. 14 Graf závislosti v ohybu na obsahu tvrdých složek. [7]



Obr. 15 Vliv teploty na pevnosti řezného materiálu pro základní druhy řezných materiálů. [7]

4.6 Použité nástroje

4.6.1 Rychlořezná ocel

Rychlořezné oceli tvoří samostatnou skupinu vysocelegovaných nástrojových ocelí. Od ostatních ocelí se liší obsahem legujících přísad, a podmínkami tepelného zpracování. V kaleném i popouštěcím stavu vysokou tvrdost, velkou odolnost proti otěru, dobrou řezivost a hlavně vysokou odolnost proti popouštění. Vysokou tvrdost si zachovávají i při teplotách řezání kolem 550° až 650°. Hlavními přísadovými prvky – W, Mo, V, Cr a Co.

Rychlořezné oceli se vyznačují tím, že si získané vlastnosti po tepelném zpracování podržují i za zvýšených teplot při tepelném namáhání břitů nástrojů. U některých druhů se vlastnosti mírně mění. [8]

Tepelné zpracování

Tepelné zpracování má vliv na vlastnosti a výkon rychlořezných ocelí. Při žhání rychlořezných ocelí dochází při překročení teploty 800° až 850°C k přeměně feritu na austenit. Při dalším zvyšování teploty následuje i rozpouštění karbidů v základní austenitické hmotě. Při ochlazování rychlořezných ocelí zůstává stabilní austenit až do cca 200°C a teprve potom dochází ke vzniku nové austenitické složky. Tato složka se nazývá martenzit. Množství martenzitu se s klesající teplotou od 200°C zvětšuje. Při zchladnutí na 20°C zůstává ve struktuře kolem 20% zbytkového austenitu.

Rychlořezné oceli se musí před ohřevem na kalící teplotu vzhledem k nízké tepelné vodivosti předehtřát. Předehtřívá se ve třech fázích. Nejdříve se předehtřeje na 450°C, poté 600°C a na konec pak 880°C. Potom se teprve nástroje přenesou do kalící solné lázně, kde jsou teploty 1250°C až 1330°C. Ochlazování se provádí v oleji, v solné lázni při teplotách kolem 550°C. Tímto způsobem se chladí tvarově složité nástroje. Na vzduchu se chladí nástroje, na které nejsou kladeny požadavky na vysokou tvrdost. Rychlořezná ocel po zakalení je velmi tvrdá, ale zároveň i křehká.

Pro jednoduché a hrubovací nástroje vystavené vysokému tepelnému namáhání, u kterých se vyžaduje co největší odolnost proti popouštění a tvrdosti za tepla, je zapotřebí volit co nejvyšší kalící teploty i za cenu snížení houževnatosti. U nástrojů jednobřitých a komplikovanými tvary a u nástrojů s přerušovaným řezem je nutno volit nižší kalící teploty na

nižší odolnost proti popouštění. Při požadavku vyšší houževnatosti je výhodou volit popouštěcí teploty ležící asi o 20°C za maximem sekundární tvrdosti. [8]

4.6.2 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy jsou v podstatě heterogenní slitiny vyráběné cestou práškové metalurgii. Hlavními složkami těchto heterogenních slitin jsou karbidy vysokotavitelných slitin jsou karbidy vysokotavitelných kovů, např. W, Ti, Ta, Nb, Cr, Mo, které jsou promíchány s kovem o nižší tavicí teplotě, kterým je nejčastěji kobalt. Z práškové směsi se lisují tělíška, které se žíhají v blízkosti bodu tání pojícího kovu – kobaltu. Během slinutí nastává smrštění výlisků, tvrdé částice karbidu wolframu jsou uloženy v houževnaté fázi pojícího kovu.

Slinuté karbidy typu WC + Co s obsahem 3, 6, 9, 11, 13 a 15% zůstaly prakticky do dnešní doby nezměněny. Jen malé změny nastaly u druhů s nižšími obsahy Co. Zjemnění struktury si vyžádalo přidavek jiných karbidů např. 0,3 – 2% TaC nebo NbC apod. podle množství jednotlivých komponentů získáme řezné materiály s odlišnými fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Liší se tvrdostí za vysokých teplot, odolností proti opotřebení, klonu ke směsnému slinování, odporu proti oxidaci a mechanických vlastností.

Karbid wolframu – je nositelem tvrdosti za vysokých teplot proti otěru a chemické stálosti.

Karbid titanu – rostoucí obsah způsobuje stálost ze vysokých teplot a tvrdost výrazněji než karbid wolframu. Na druhé straně však snižuje odolnost proti otěru, zhoršuje křehkost a vykazuje nižší pevnost v ohybu. Zvětšuje součinitel tepelné roztažnosti, podstatně snižuje tepelnou vodivost.

Karbid tantalu – v porovnání s karbidem wolframu zvyšuje stálost za vysokých teplot. Méně nepříznivě než TiC ovlivňují mechanické vlastnosti. Zlepšuje stálost vlastností při pulsující teplotě.

Kobalt – je nositelem pevnosti a houževnatosti SK. S růstem Co podstatně stoupá tažnost a pevnost SK. [8]

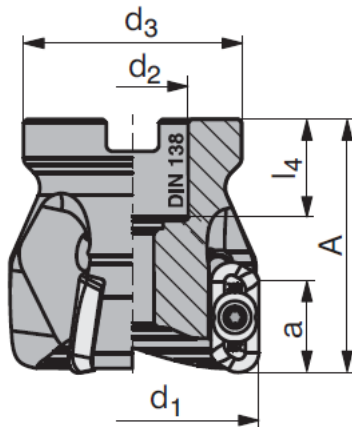
Použití slinutých karbidů pro obrábění

Použitelnost slinutých karbidů se podle ISO dělí z hlediska řezného procesu do skupin P, M, K. P – slinuté karbidy určené pro obrábění materiálů, které vytvářejí dlouhou plastickou třísku. M – slinuté karbidy určené pro obrábění materiálů, které vytváří dlouhou i krátkou

třísku. K – slinuté karbidy určené pro obrábění materiálů, které vytváří krátkou třísku. [8]

4.7 Nové nástroje pro novou technologii

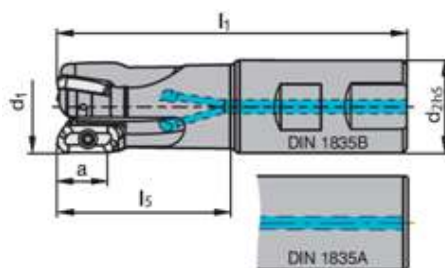
- Nástrčná fréza 90° A HSC-19



Obr. 16 Držák A HSC-19 [9]

d_1 mm	d_{2HT} mm	a mm	d_3 mm	l_4 mm	A mm	N_{\max}
63	22	18	48	20	50	18800

- Stopková fréza 90° C HSC-19



Obr. 17 Držák C HSC-19 [9]

d_1 mm	d_{2HS} mm	a mm	l_1 mm	l_5 mm	N_{\max}
25	25	18	165	63	24700

Pro držáky na frézování používáme břitové destičky. Typ destičky XDHT 190404FR



Obr. 18 Tvar XDHT [9]

d mm	l mm	s mm	d_1 mm	r mm
9,52	18	4,76	4,65	0,4

- Vysoce výkonný TK vrták DIN 6537, dlouhý, s chladicími kanálky, vrcholový úhel 135° .



Obr. 19 TK vrták [9]

$d_1 = 6,8$	$d_2 = 8$	$l_1 = 91$	$l_2 = 53$	$l_3 = 43$	$l_4 = 36$
$d_1 = 7,3$	$d_2 = 8$	$l_1 = 91$	$l_2 = 53$	$l_3 = 43$	$l_4 = 36$
$d_1 = 9$	$d_2 = 10$	$l_1 = 103$	$l_2 = 61$	$l_3 = 49$	$l_4 = 40$
$d_1 = 10,2$	$d_2 = 12$	$l_1 = 118$	$l_2 = 71$	$l_3 = 56$	$l_4 = 45$

- TK NC navrtávák, vrcholový úhel 90° .



Obr. 20 Navrtávák [9]

d_1	l_1	l_2
16	75	29

4.8 Použitá měřidla

- Posuvné měřidlo
- Mikrometr
- Hloubkoměr
- Závitový kalibr trn

5. Diskuze o experimentu

V daném experimentu jsem porovnával náklady pro obě dvě technologie na výrobu 700 ks. U stávající technologie vycházejí náklady na 726 455,8 Kč. A náklady na novou technologii vychází na 322 588 Kč. Na nové technologii se finančně ušetří 403 867,8 Kč. Z časového hlediska se u nové technologie asi o 350 % urychlí.

U stávající technologie jsou náklady na nástroje pro výrobu 700 ks asi 79 714 Kč, do těchto nákladů je započítáno broušení nástrojů a pořizovací cena nástrojů. Výrobní náklady na 1 kus při frézování činní 724,64 Kč, a náklady na 1 kus při vrtání činní 233,44 Kč. Celkové náklady pro výrobu jednoho kusu je 958,08 Kč. Nové nástroje na výrobu 700 ks celkově činní 37 043,65 Kč. Do toho byly započítány náklady na broušení nástrojů a nákup destiček. Výrobní náklady na jeden kus činní 423,8 Kč. A s toho plyne, že náklady na výrobu jednoho kusu jsou více než o polovinu menší než u stávající výroby.

6. Technicko-ekonomické zhodnocení

V tom to ekonomickém zhodnocení jsem porovnával stávající výrobu s technologií novou z hlediska časů a nákladů na výrobu součásti. Do nákladů jsem zahrnul cenu jednoho dílce, protože porovnávám starou a novou technologii pro 700 kusovou výrobu.

6.1 Stávající technologie

6.1.1 Náklady na nástroje

Na frézařské operace se používají 3 druhy fréz, každá fréza má svou trvanlivost a specifikaci, proto se bude počítat pro každý nástroj zvlášť. Dvě frézy jsou z rychlořezných ocelí, které se dají přebrousit a třetí fréza je z vyměnitelnými destičkami z SK, které se po otupení dají otočit. Pro vrtací operace je použito pět nástrojů, jedná se o tři vrtáky různých průměrů, jednoho záhlubníku a navrtáváku. Ty to nástroje lze také přebrousit a použít dále. Náklady na broušení jsou zahrnuty do výpočtu. Trvanlivost nástrojů jsem získal informacemi.

Frézovací nástroje:

- Série 700 kusů výrobků
- Počet broušení = $\frac{\text{série}}{\text{trvanlivost}}$

Typ	Trvanlivost [ks]	Cena [Kč]	Počet broušení
ZPS-FN válcová čelní	14	2200	50
ZPS-FN válcová čelní	20	2300	24
Destičky SK	25	1500	

Náklady na jedno broušení:

- doba broušení frézy je přibližně 25 minut
- mzda brusiče 100 Kč/h
- režie 500%

$$\text{Náklady} = \frac{\text{doba}_{\text{broušení}}}{60} \cdot \text{mzda} \cdot \frac{\text{režie}}{100}$$

$$\text{Náklady} = \frac{25}{60} \cdot 100 \cdot \frac{500}{100}$$

$$\text{Náklady} = 208,3 \Rightarrow 209 \text{ Kč/1 broušení}$$

Konečné náklady na 1 frézovací nástroj:

$$\text{Náklady} = \text{cena nástroje} + \text{počet broušení} \cdot \text{cena broušení}$$

$$\text{Náklady} = 2200 + 50 \cdot 209$$

$$\text{Náklady} = 12\,650 \text{ Kč}$$

Konečné náklady na 2 frézovací nástroj:

$$\text{Náklady} = \text{cena nástroje} + \text{počet broušení} \cdot \text{cena broušení}$$

$$\text{Náklady} = 2300 + 24 \cdot 209$$

$$\text{Náklady} = 7\,316 \text{ Kč}$$

Konečné náklady na 3 frézovací nástroj:

$$\text{Náklady} = \text{cena destiček} \cdot \text{počet destiček} + \text{držák}$$

$$\text{Náklady} = 1500 \cdot 23 + 8\,756$$

$$\text{Náklady} = 43\,256 \text{ Kč}$$

Vrtací nástroje:

Typ	Trvanlivost [ks]	Cena [Kč]	Počet broušení
HSS-vrták Ø 6,8	90	147	7,77 \Rightarrow 8
HSS-vrták Ø 7,3	40	180	17,5 \Rightarrow 18
HSS-vrták Ø 9	36	209	19,44 \Rightarrow 20
HSS-vrták Ø 10,2	50	390	14

Náklady na jedno broušení:

- doba broušení vrtáku je přibližně 5 min
- mzda brusiče 100 Kč/h
- režie 500 %

$$\text{Náklady} = \frac{\text{doba}_{\text{broušení}}}{60} \cdot \text{mzda} \cdot \frac{\text{režie}}{100}$$

$$\text{Náklady} = \frac{5}{60} \cdot 100 \cdot \frac{500}{100}$$

$$\text{Náklady} = 41,67 \Rightarrow 42 \text{ Kč/1 broušení}$$

Konečné náklady na vrtací nástroje:

Náklady = (cena prvního vrtáku · počet vrtáků + počet broušení · cena na jedno broušení) + + (cena čtvrtého vrtáku · počet vrtáků + počet broušení · cena na jedno broušení)

$$\text{Náklady} = (147 \cdot 1 + 8 \cdot 42) + (180 \cdot 2 + 18 \cdot 42) + (209 \cdot 2 + 20 \cdot 42) + (390 \cdot 1 + 14 \cdot 42)$$

$$\text{Náklady} = 3\,835 \text{ Kč/700 ks.}$$

Celkové náklady nástroje

Celkem = konečné náklady na frézovací nástroje

$$\text{Celkem} = 79\,714 \text{ Kč}$$

Celkové náklady na nástroje u stávající technologie činní 79 714 Kč, náklady na jeden kus budou přibližně 79,7 Kč.

6.1.2 Výrobní náklady

Zde budu počítat náklady na provoz stroje. A přímé mzdy obsluhy pouze ze strojního jednotkového času. Měřený kontakt vyrábím frézováním a pak vrtáním, proto musíme pro každou technologii počítat zvlášť, a pak sečíst náklady.

Frézování:

Vstupní hodnoty (získané informacemi z provozu):

$$M_{tAc} = 90 \text{ Kč/h} \quad - \text{mzdový tarif obsluhy}$$

$$N_{hs} = 330 \text{ Kč/hod} \quad - \text{náklady na provoz za 1 hod.}$$

$$t_{AS1} = 9,8 \text{ min} \quad - \text{strojní čas 1. operace na frézce}$$

$$t_{AS2} = 18,56 \text{ min} \quad - \text{strojní čas 2. operace na frézce}$$

$$t_{AS3} = 30 \text{ min} \quad - \text{strojní čas 3. operace na frézce}$$

$$R = 450 \% \quad - \text{režie}$$

Jednotkový čas s podílem směnového času t_{AC} frézky

$$t_{AC} = t_{AS1} + t_{AS2} + t_{AS3}$$

$$t_{AC} = 9,8 + 18,56 + 30$$

$$t_{AC} = 58,36 \text{ min}$$

a) Náklady na mzdy obsluhy včetně režie:

$$Nm_{AC} = t_{AC} \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right) \cdot \frac{M_{tAC}}{60}$$

$$Nm_{AC} = 58,36 \cdot \left(1 + \frac{450}{100}\right) \cdot \frac{90}{60}$$

$$Nm_{AC} = 481,47 \text{ Kč / ks}$$

b) Náklady na provoz stroje:

$$N_{psAC} = \frac{t_{AC}}{60} \cdot N_{hs}$$

$$N_{psAC} = \frac{58,36}{60} \cdot 250$$

$$N_{psAC} = 243,17 \text{ Kč / ks}$$

c) Výrobní náklady na kus:

$$N_{zd} = N_{mAC} + N_{psAC}$$

$$N_{zd} = 481,47 + 243,17$$

$$N_{zd} = 724,64 \text{ Kč / ks}$$

Vrtání:

Vstupní hodnoty (získané informacemi z provozu):

$$M_{tAc} = 75 \text{ Kč/h} \quad - \text{mzdový tarif obsluhy}$$

$$N_{hs} = 300 \text{ Kč/hod} \quad - \text{náklady na provoz za 1 hod.}$$

$$t_{AS1} = 22,55 \text{ min} \quad - \text{strojní čas 1. operace na vrtačce}$$

$$R = 450 \% \quad - \text{režie}$$

Jednotkový čas s podílem směnového času t_{AC} vrtačky

$$t_{AC} = t_{AS1}$$

$$t_{AC} = 22,5 \text{ min}$$

a) Náklady na mzdy obsluhy včetně režie:

$$Nm_{AC} = t_{AC} \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right) \cdot \frac{M_{tAC}}{60}$$

$$Nm_{AC} = 22,5 \cdot \left(1 + \frac{450}{100}\right) \cdot \frac{75}{60}$$

$$Nm_{AC} = 154,69 \text{ Kč / ks}$$

b) Náklady na provoz stroje:

$$N_{psAC} = \frac{t_{AC}}{60} \cdot N_{hs}$$

$$N_{psAC} = \frac{22,5}{60} \cdot 210$$

$$N_{psAC} = 78,75 \text{ Kč / ks}$$

c) Výrobní náklady na jeden kus:

$$N_{Zd} = N_{mAC} + N_{psAC}$$

$$N_{Zd} = 154,69 + 78,75$$

$$N_{Zd} = 233,44 \text{ Kč / ks}$$

Celkové náklady na výrobu:

Celkem = výrobní náklady frézováním + výrobní náklady vrtáním

$$\text{Celkem} = 724,64 + 233,44$$

$$\text{Celkem} = 958,08 \text{ Kč / ks}$$

6.1.3 Konečné náklady na výrobu 700 kusů měděných kontaktů

Náklady konečné = (celkové náklady na nástroje + celkové náklady na výrobu) · 700

$$\text{Náklady konečné} = (79,714 + 958,08) \cdot 700$$

$$\text{Náklady konečné} = \mathbf{726\,455,8 \text{ Kč}}$$

Celkové náklady na výrobu 700 ks, podle stávající technologie činní 726 455,8 Kč

6.2 Náklady na novou technologii

6.2.1 Náklady na nástroje

U nové technologie se používají VBD, které jsou upevněny v držáku určené pro stejnou velikost VBD. U vrtání se budou používat nové nástroje z TK.

Náklady budu počítat na 700 ks měděných kontaktů

Frézování osazení a sražení hran:

Počet obrobených ks na jedno ostří – 20

Pořizovací cena držáku – 14 991 Kč

Cena VBD – 2 995 Kč

Počet VBD na držáku - 5

Frézování drážky:

Počet obrobených ks na jedno ostří – 30

Pořizovací cena držáku – 7 780 Kč

Cena VBD – 1198 Kč

Počet VBD na držáku – 2

Vrtání otvoru Ø 6,8 mm:

Počet obrobených ks na jedno ostří – 480

Pořizovací cena TK vrtáku – 1 664 Kč

Vrtání otvoru Ø 7,4 mm:

Počet obrobených ks na jedno ostří – 410

Pořizovací cena TK vrtáku – 1 664 Kč

Vrtání otvoru Ø 9 mm:

Počet obrobených ks na jedno ostří – 360

Pořizovací cena TK vrtáku – 1 950 Kč

Vrtání otvoru Ø 10,2 mm:

Počet obrobených ks na jedno ostří – 1000

Pořizovací cena TK vrtáku – 2 730 Kč

NC Navrtávák Ø 16 mm

Počet obrobených ks na jedno ostří – 2500

Pořizovací cena TK vrtáku – 2 101 Kč

$$\text{Náklady 1} = \frac{\text{Poč.obrobených}_{\text{ks}}}{\text{poč.břit} \times \text{poč.obrob.ks.na}_{\text{břiti}}} \times \text{cena VBD} = \frac{700}{88 \cdot 20} \times 599 = 238,2 \text{ Kč}$$

$$\text{Náklady 2} = \frac{\text{Poč.obrobených}_{\text{ks}}}{\text{poč.břit} \times \text{poč.obrob.ks.na}_{\text{břiti}}} \times \text{cena VBD} = \frac{700}{24 \cdot 30} \times 599 = 582,4 \text{ Kč}$$

$$\text{Náklady 3} = \frac{\text{Poč.obrobených}_{\text{ks}}}{\text{poč}_{\text{obr.ks na}_{\text{břiti}}}} \times \text{cena}_{\text{broušení}} = \frac{700}{480} \times 654 = 953,8 \text{ Kč}$$

$$\text{Náklady 4} = \frac{\text{Poč.obrobených}_{\text{ks}}}{\text{poč}_{\text{obr.ks na}_{\text{břiti}}}} \times \text{cena}_{\text{broušení}} = \frac{700}{410} \times 654 = 1116,6 \text{ Kč}$$

$$\text{Náklady 5} = \frac{\text{Poč.obrobených}_{\text{ks}}}{\text{poč}_{\text{obr.ks na}_{\text{břiti}}}} \times \text{cena}_{\text{broušení}} = \frac{700}{360} \times 654 = 1271,67 \text{ Kč}$$

$$\text{Náklady 6} = \frac{\text{Poč.obrobených}_{\text{ks}}}{\text{poč}_{\text{obr.ks na}_{\text{břiti}}}} \times \text{cena}_{\text{broušení}} = \frac{700}{1000} = 0,7 \text{ Kč}$$

$$\text{Náklady 7} = \frac{\text{Poč.obrobených}_{\text{ks}}}{\text{poč}_{\text{obr.ks na}_{\text{břiti}}}} \times \text{cena}_{\text{broušení}} = \frac{700}{2500} = 0,28 \text{ Kč}$$

Náklady = Náklady 1 + Náklady 2 + Náklady 3 + Náklady 4 + Náklady 5 + Náklady 6 +
Náklady 7 + Cena držáku VBD 1 + Cena držáku VBD 2 + Vrták Ø 6,8 + Vrták Ø 7,4 + Vrták
Ø 9 + Vrták Ø 10,2 + NC navrtávák Ø16

Náklady = 238,2 + 582,4 + 953,8 + 1116,6 + 1271,67 + 0,7 + 0,28 + 14 991 + 7 780 + 1 664 +
1 664 + 1 950 + 2 730 + 2 101

Náklady = **37 043,65 Kč**

Náklady na nákup VBD, držáku a vrtáků, pro 700 kusů činní **37 043,65 Kč**

6.2.2 Výrobní náklady

Zde budu počítat náklady na provoz stroje. A přímé mzdy obsluhy pouze ze strojního jednotkového času. Měděný polotovar vložíme do obráběcího centra kde proběhnou všechny operace a výrobek je hotov.

Vstupní hodnoty (získané informacemi):

$$M_{tAc} = 91,3 \text{ Kč/hod} \quad \text{-mzdový tarif obsluhy}$$

$$R = 450\% \quad \text{- režie}$$

$$N_{hs} = 800 \text{ Kč/hod} \quad \text{-hodinová sazba stroje}$$

$$t_{AS1} = 21 \text{ min} \quad \text{-pracovní doba obráběcího centra}$$

Jednotkový čas s podílem směnového času t_{AC} obráběcího centra

$$t_{AC} = t_{AS1}$$

$$t_{AC} = 21 \text{ min}$$

a) Náklady na mzdy obsluhy včetně režie:

$$Nm_{AC} = t_{AC} \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right) \cdot \frac{M_{tAC}}{60}$$

$$Nm_{AC} = 21 \cdot \left(1 + \frac{450}{100}\right) \cdot \frac{91,3}{60}$$

$$Nm_{AC} = 143,8 \text{ Kč} / ks$$

b) Náklady na provoz stroje:

$$N_{psAC} = \frac{t_{AC}}{60} \cdot N_{hs}$$

$$N_{psAC} = \frac{21}{60} \cdot 800$$

$$N_{psAC} = 280 \text{ Kč} / ks$$

c) Výrobní náklady na jeden kus:

$$N_{Zd} = N_{mAC} + N_{psAC}$$

$$N_{Zd} = 143,8 + 280$$

$$N_{Zd} = 423,8 \text{ Kč} / ks$$

6.2.3 Konečné náklady na výrobu 700 kusů měděných kontaktů

Náklady konečné = (celkové náklady na nástroje + celkové náklady na výrobu) · 700

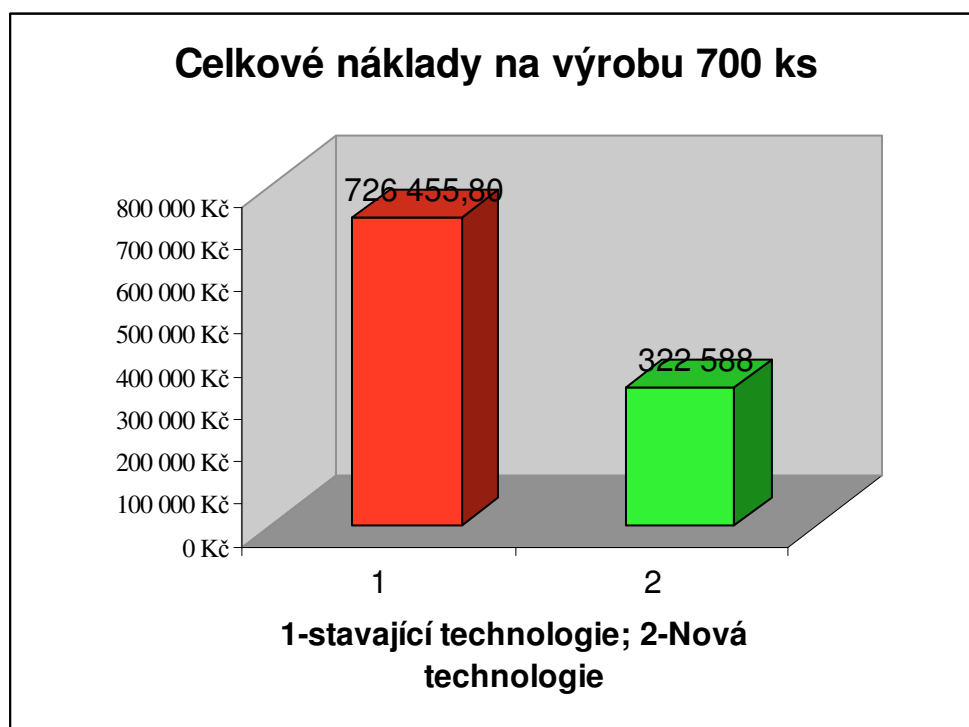
Náklady konečné = (37,04 + 423,8) · 700

Náklady konečné = **322 588 Kč**

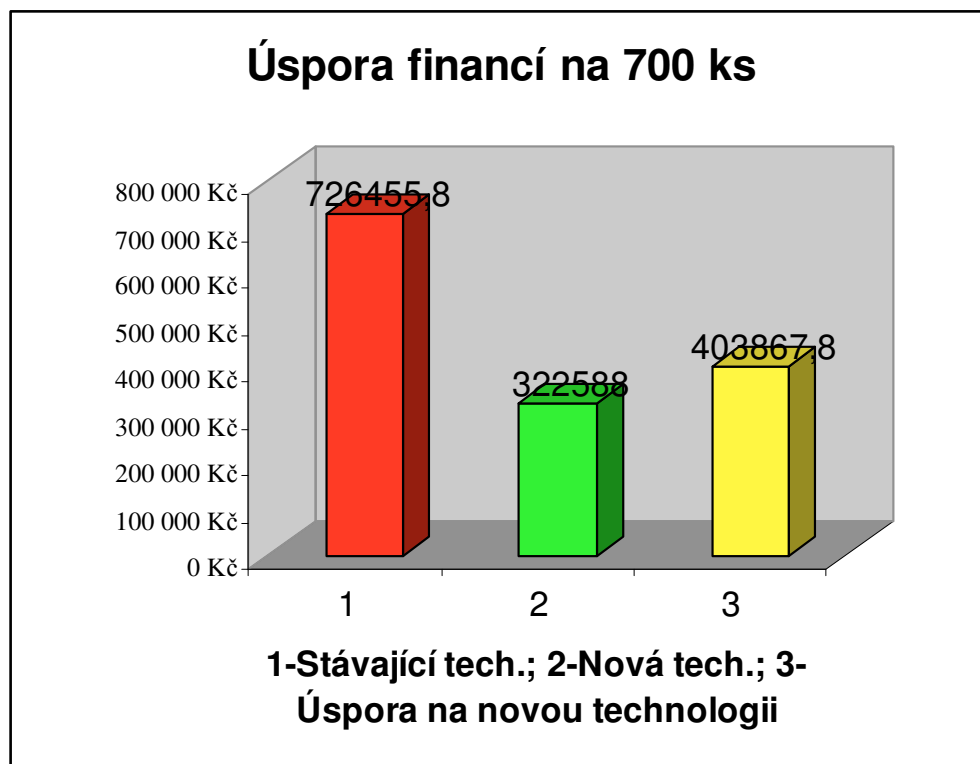
Celkové náklady na výrobu 700 ks, podle nové technologie činní **322 588 Kč**

6.3 Porovnání celkových nákladů

Celkové náklady na výrobu 700 kusů měděných kontaktů. Porovnání nákladu stávající technologie a technologii nové v grafu 1.



Graf 1: Celkové náklady



Graf 2: Celková úspora financí

7. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout novou technologii výroby měděného kontaktu. A porovnat stávající technologii s technologií novou. Z hlediska časového a finančního. Firma vyžadovala srovnat obě technologie, jestliže nová technologie bude výhodnější než stávající. Po zhodnocení výsledků vyšla nová technologie o 400 000 Kč výhodněji než stávající. A z hlediska časového o 350% produktivněji. Na novou technologii jsem musel navrhnout nové nástroje, které budou produktivnější než současně výroby.

Poděkování

Na závěr bych chtěl poděkovat firmě MEP Postřelmov a.s. za umožnění zpracování bakalářské práce. Hlavně bych chtěl poděkovat panu Ing. Rudolfu Hrochovi, konzultantovy bakalářské práce a zaměstnancům za informace. Chtěl bych také poděkovat vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc. za pomocné rady pro zpracování bakalářské práce.

Seznam použité literatury

- [1] MEP Postřelmov, a.s. O společnosti [ONLINE].2012. [cit. 2012-03-11].
Dostupné z: <<http://www.sub.cz>>
- [2] ROUČKA, Jaromír. *Metalurgie neželezných slitin*. Brno, 2004. ISBN 80-214-2790-6
- [3] SEDLÁČEK, Vladimír. *Neželezné kovy a slitiny*. Praha, 1979.
- [4] PTÁČEK, Luděk a kolektiv. *Nauka o materiálu II*. díl. Brno, 2002. ISBN 80-7204-248-3
- [5] PÍŠEK, František, Ladislav JENÍČEK a Mojmír CENEK. *Nauka o materiálu I: Neželezné kovy*. 2. dopl. vyd. Praha: ACADEMIA, 1973, 596 s. 21-111-73.
- [6] DMG. [online].2012. [cit.2012-04-15] . Dostupné z < <http://cz.dmg.com/home,en> >
- [7] NOVOTNÝ, Karel; ZEMČÍK, Oskar. *Přípravky a nástroje* [online]. Brno: VUT-Brno, 1992 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: <<http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/>>
- [8] MRKVICA. Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje I. díl.-Řezné nástroje 3.vydání*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2001. 192s. ISBN 80-7078-941-7
- [9] WNT. [online].2012. [cit.2012-05-03] . Dostupné z <<http://www.wnt.de/cs-cs/>>

Seznam příloh:

Příloha č. 1 – Výrobní výkres kontaktu